

九州大学 正員 橋本 武

〇 〃 学生員 八尋 繁美

1. まえがき

周知のように、ピルツ橋はフラットスラブ構造の一形式であり、最近我国でも高架橋構造の一形式として注目されるに至り、その施工例を見る事ができる。しかしながらこの種の構造においては版厚及び版の辺長に比して柱断面が大きく、したがって床版と柱との取付部の処理に困難な問題がある。現行の設計要領案¹⁾ではピルツ頂版を薄板理論を用いて解析し、また柱と床版との取付部は拘束度の異なるヒンジ又は固定支点を適当に組合せた支承条件を経験的に定める方法がとられており、その組合せは個々の設計者自身に委ねられている現状である。この為同じピルツ橋に関する計算でも、設計者により異なる解が用いられる事になるが、その際特に床版と柱との取付部において著しい差異がみられることになり、実用上甚々不合理である。そこで著者らはこの不合理を除去するためのピルツ橋のより実情に即した解析法を新たに提案するものである。

2. 解析手順

ピルツ頂版を図1のように分割するものとすれば、脚柱は図2のように分割される事になる。この時本構造は分割された脚柱を夫々1本1本の間柱と見做し、これら中間柱でピルツ頂版が支持された構造であると解釈する事ができる。頂版と各中間柱とは柱断面の中心位置において近似的に垂直力のみが伝達されるものとし、一般に柱 kl の垂直力を V_{kl} と表示する事にする。さて中間柱のうち、脚柱断面の中心及びその近傍にある少くとも本以上の中間柱を基本橋における支点とみなし、かかる支点にて支えられた頂版を以下基本板と称する事にする。(なお基本板としては脚柱断面中心及びその近傍において中間柱の中心以外の点に支点と設けた頂版を用いる事もできる。) しかる時、ピルツ頂版に直接作用する任意垂直荷重と基本板にて考慮した以外の中間柱に生じる垂直反力 V_{kl} (以下単に不静定反力 V_{kl} と称する。)の何れをも版に作用する垂直荷重と見做して薄板理論を適用のうえ、頂版のたわみ曲面を求め、これに柱頭部における頂版と中間柱との変形を考慮すれば、不静定反力 V_{kl} に関する一連の方程式が得られるが、その結果は著者らが先に提案したフラットスラブ構造における基本連立方程式²⁾と全く同形であり、次のように与えられることになる。

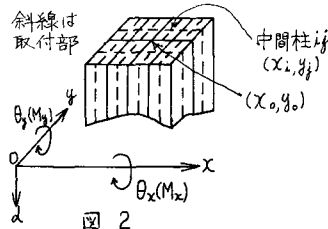
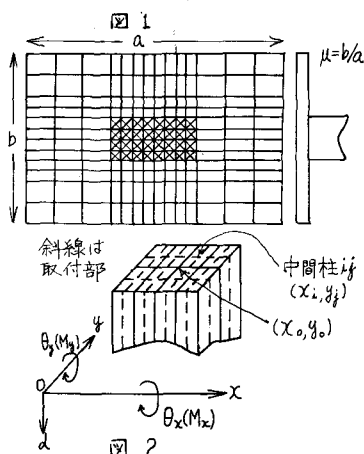
$$\sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^r V_{kl} H_{kl}^{ij} = \frac{ab}{4} L_{ij} - \frac{\mu D}{4a^2} d_{ij} \quad (1)$$

ここで H_{kl}^{ij} ; 形状係数で基本板の点 kl に単位集中力が働く時の点 ij のたわみを $\frac{\mu D}{4a^2}$ 倍したもの

L_{ij} ; 所要の荷重が基本板に働く時の点 ij のたわみを $\frac{D}{4a^2}$ 倍したもの

d_{ij} ; 中間柱 ij の頭部における垂直変位で下向きを正とする

D ; 板剛度 なお、 $k = 1, 2, \dots, r$ は途中欠番となつてもよい。



一方、 d_{ij} は脚柱断面中心点の垂直変位を d_0 、又同点の x 軸(y 軸)回りの回転角を $\theta_{x0}(\theta_{y0})$ とすれば、

$$d_{ij} = (x_i - x_0) \theta_{y0} - (y_j - y_0) \theta_{x0} + d_0 \quad (2)$$

式(2)において、脚柱の回転角 θ_{x0}, θ_{y0} は既往のはり理論を用いて、脚柱に作用する全反力モーメント M_x, M_y との関係を近似的に次のように表わす事ができる。

$$\begin{aligned} \theta_{x0} &= \Gamma_x M_x = \Gamma_x \sum_i \sum_j V_{ij} (y_j - y_0) \\ \theta_{y0} &= \Gamma_y M_y = \Gamma_y \sum_i \sum_j V_{ij} (x_i - x_0) \end{aligned} \quad (3)$$

ここに Γ_x, Γ_y は脚柱の下端の支持条件により定まる定数で、例えば下端が固定の場合には次のようになる。
 $1/\Gamma_x = 3EI_x/4E_{ij}I_{ij}^*$, $1/\Gamma_y = 3EI_y/4E_{ij}I_{ij}^*$

l ; 脚柱の長さ

E_{ij} ; 中間柱 ij の弾性係数

$I_{ij}^*(I_{ij}^*)$; 中間柱 ij の断面中心を通りかつ $x(y)$ 軸に平行な軸に関する断面2次モーメント

式(2)と式(3)より柱頭の垂直変位 d_{ij} をマトリックス表示すれば次のように得られる。

$$d = \Gamma_0 P Q V + R d_0 = U V + R d_0 \quad (4)$$

ここで、 $d = \frac{\mu D}{4a^2} \{ d_{11} d_{12} \dots d_{rs} \}^T$, $V = \{ V_{11} V_{12} \dots V_{rs} \}^T$, $R = \frac{\mu D}{4a^2} \{ 1 \ 1 \dots 1 \}^T$

$$P = \begin{bmatrix} x_1 - x_0 & -(y_1 - y_0) \\ x_1 - x_0 & -(y_2 - y_0) \\ \vdots & \vdots \\ x_r - x_0 & -(y_s - y_0) \end{bmatrix} \quad Q = \begin{bmatrix} x_1 - x_0 & x_1 - x_0 & \dots & x_r - x_0 \\ \frac{y_1 - y_0}{K} & \frac{y_2 - y_0}{K} & \dots & \frac{y_s - y_0}{K} \end{bmatrix}$$

$$\Gamma_0 = \frac{\mu D}{4a^2} \Gamma_x \quad , \quad K = \Gamma_y / \Gamma_x$$

式(4)を式(1)に代入すれば、結局各中間柱の不静定反力 V_{kl} を求める為の連立方程式が得られ、これが本題のピルツ橋に関する基本連立方程式となる。

$$\{ H + U \} V = L - R d_0 \quad (5)$$

$$\text{ここで } L = \frac{ab}{4} \{ L_{11} L_{12} \dots L_{rs} \}^T \quad H = \begin{bmatrix} H_{11}^{11} & H_{12}^{11} & \dots & H_{rs}^{11} \\ H_{11}^{12} & H_{12}^{12} & \dots & H_{rs}^{12} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ H_{11}^{rs} & H_{12}^{rs} & \dots & H_{rs}^{rs} \end{bmatrix}$$

最後にピルツ頂版の断面諸量(たわみ、応力等) X は次のように算定される。即ち基本板に所要の荷重が作用した時の断面諸量を X_0 、基本板の点 kl に単位集中力が作用した時の断面諸量を T_{kl} とすれば、上述の不静定反力 V_{kl} を用いて次式で与えられる事になる

$$X = X_0 - \sum_k \sum_l T_{kl} V_{kl} \quad (6)$$

3. あとがき 本研究はピルツ橋に対して直接有限要素法と適用するのではなく、基本板に属する有限要素法の結果を先に著者らが示したフラットスラブ構造の解析手法とを加味して、いわゆるピルツ橋における基本系法とも称すべき解法を提案したものであるが、本法の利点としては、ピルツ橋を直接有限要素法で解く場合には脚柱の断面形状等の諸寸法剛性位置が変る毎に逐一膨大な演算を繰返さねばならないが本法では基本板に属する剛性マトリックスの逆マトリックスが得られていれば、上述のような構造形式の変化に対して式(5),(6)を計算するのみでよく、演算労力の上で極めて好都合な事が挙げられる。

本研究に当りては文部省科学研究費の補助を受けた。記して謝意を表す

参考文献

- 1) ピルツPC橋に関する報告書 高速道路調査会他 昭和45年3月
- 2) 無梁板構造の解法に関する研究 櫻木 武 (九州大学学位論文)